

木質플레이크와 폴리프로필렌網플레이크 構成이 톱밥보오드의 膨脹성과 靱性質에 미치는 影響¹

李弼宇² · 嚴永根² · 吳世昌² · 鄭仁柱²

Effect of Combining Wood Flakes and Polypropylene-net Flakes on Thickness Swelling and Bending Properties of Sawdust Board¹

Phil Woo Lee² · Young Geun Eom² · Sei Chang Oh² · In Ju Chung²

要 約

木質플레이크 및 P.P.網플레이크를 톱밥보오드에 혼합하여 그 효과를 보고자 크기를 1×1cm², 1.5×1.5cm², 1×2cm²로 절단하고, 혼합량을 1%, 2%, 3%, 4%로 하여 보오드를 製造하여 그 物理的 및 機械的 特性을 調査考察한 바, 그 結論을 간단히 지으면 다음과 같다.

1) 플레이크를 혼합한 톱밥보오드의 두께 膨脹率은 혼합비가 증가함에 따라 減少하였고 P.P.網플레이크를 혼합한 경우에도 같은 양상을 보여주었다.

2) 靱破壞係數는 플레이크 및 P.P.網플레이크의 혼합비가 증가할수록 증가하였다. 플레이크 크기가 1×2cm²인 경우 모두 대조보오드보다 높은 값을 나타내었고 P.P.網플레이크의 경우에는 1.5×1.5cm² 크기일때 대조보오드보다 모두 높은 靱破壞係數值를 보였다.

3) 플레이크 혼합비가 증가함에 따라 靱彈性係數는 증가하는 경향을 보여주었으며, 이러한 경향은 P.P.網플레이크를 혼합한 경우에도 동일하게 나타났다. P.P.網플레이크의 경우 網플레이크의 면적이 커짐에 따라 靱彈性係數는 증가하는 경향을 나타내었다.

4) 플레이크를 혼합한 보오드의 경우, 그 物理的, 機械的 性質에 關係하는 主因자는 形狀으로 나타났으며, aspect ratio가 커짐에 따라 보오드의 性質이 향상되었다. P.P.網플레이크를 혼합한 보오드의 경우 主因자는 網플레이크의 단면적으로, 단면적이 클수록 보오드의 性質을 改善시킬 수 있었다.

ABSTRACT

This study was carried out to investigate the physical and mechanical properties of sawdust boards combined with sycamore and polypropylene-net flakes.

Both the sycamore and polypropylene-net flakes were adjusted to the sizes of 1.0 x 1.0, 1.0 x 2.0, and 1.5 x 1.5cm² and these flakes were mixed at 1, 2, 3, and 4% levels based on oven-dry weights of sawdusts, respectively.

¹ 接受 4월 19日 Received on April 19, 1988.

² 서울大學校 農科大學 College of Agriculture, Seoul National University, Suwon 440-744, Korea.

The results obtained in this study were summarized as follows :

1. Thickness swellings of sawdust boards combined with sycamore flakes decreased with the increase of mixture levels and similar effects were also recognized in combination with polypropylene-net flakes.
2. Moduli of rupture both in sawdust boards combined with sycamore and polypropylene-net flakes increased with the increase of their mixture levels, and sawdust boards combined with sycamore flakes of 1.0×2.0 cm² size and polypropylene-net flakes of 1.5×1.5cm² size showed higher moduli of rupture than control boards.
3. Moduli of elasticity both in sawdust boards combined with sycamore and polypropylene-net flakes increased with the increase of their mixture levels as in moduli of rupture.
4. The physical and mechanical properties of sawdust boards combined with sycamore and polypropylene-net flakes were mainly dependent on aspect ratio of sycamore flakes and size of polypropylene-net flakes respectively, and these properties were improved with the respective increase of aspect ratio and size.

緒 論

複合材料은 고대 이집트시대부터 유래된 것으로써 무게에 대한 強度比의 상승현상으로 인하여 여러가지 目的으로 그 用途가 증대되어 왔다. 특히, 파아티클보드는 원료계약이 비교적 적은 반면에 不良한 物理的 및 機械的 性質때문에 이를 改善시키기 위하여 많은 複合材料로의 전환가능성이 검토되어 왔다. 한편, 파아티클의 가장 不良한 形態로써 製材時 大量으로 發生하는 톱밥은, 製材副産物을 利用한다는 측면에서 그 利用可能性이 날로 증대되어 왔다. 따라서 보오드 製造에 있어 톱밥의 利用은 物理的 및 機械的 性質의 不良으로 補强材料의 添加가 必要할 것이다. 이와같은 補强材料로는 같은 木質系를 이용하거나 혹은 異質材料를 사용한 接着 또는 結締方式이 구상될 수 있다. 이때 補强材料가 갖추어야 할 要件은 톱밥재료의 弱점을 補完할 수 있는 것이어야 할 것이다.

本 研究에서는 톱밥보오드의 저열한 物理 및 機械的 性質을 改善하기 위하여 같은 木質系材料로써 목재 파아티클의 한 種類인 플라타너스 플레이크와, 引張強度 및 水分增減에 따른 安定性이 우수한 폴리프로필렌絲로 짠 플레이크모양의 網絲플레이크를 構成하여 톱밥보오드를 製造하고 그 性質의 改善可能性을 考察 檢討하고자 하였다.

研究史

목재파아티클을 사용하여 보오드를 製造하고 그

性質을 改善하기 위한 많은 研究가 보고되어 왔다.

Geimer와 Price(1978)는 길고 가는 플레이크를 表層에, 작은 플레이크를 中層에 배치하여 보오드의 軋強度와 剝離強度를 증대시키며, 아울러 배향효과로 인한 軋性質의 改善를 報告하였다. Ramaker 및 Lehmann (1976)은 ring 또는 disk flaker로부터 破碎된 플레이크로 3層配向보오드를 製造하여 軋性質을 평가하였다. 또 Braun과 Moody(1977)는 얇은 單板을 數枚 積層시켜 tension-lamination을 使用하여 素材보다 軋強度와 引張強度面에서 20% 증가시킨 結果를 얻었다고 報告하였다. 특히, 木質系材料를 사용한 效果는 Hse(1975)의 研究에서 보듯이 表層에 單板을 오버레이하고 플레이크보오드를 中層에 構成한 comply보오드를 製造하여 그 強度的 性質을 究명한 바 있다.

異種材料를 사용하여 補强한 研究로는 Spaun (1981)이 fiber glass를, Bulleit(1985)는 FRP를 利用하여 치수安定性 및 지속적인 파괴내력을 가짐을 考察하였다. 또 Hunt 등(1985)은 플레이크의 길이, 두께, 배열 및 보오드비중에 따른 異樹種혼합플레이크보오드를 製造하여 이들의 단일수중플레이크보오드와 그 性質을 비교하였고, 富村과 鈴木(1987)은 異種材料인 탄소섬유를 core에 배치하여 보오드의 機械的 性質을 향상시키고 전자기장적인 간섭현상을 배제할 수 있다고 發表하였다. 한편, 국내에서는 李와 朴(1985)이 異種材料인 鐵網을 構成하여, 李와 徐(1987)는 폴리프로필렌絲와 絲침을 構成한 보오드를 재조하여 그 보강효과가 있음을 보고하였으며 李와 朴(1988)은 P.P를 사용하여 보오드의 物理 및 機械的 性質을 調査 考察하여 報告한 바 있

다.

材料 및 方法

1. 供試材料

1. 톱밥

本實驗이 사용된 톱밥은 떠톱製材로부터 발생한 美松(Douglas-fir)의 톱밥을 구입하여 수일간 천연 건조시킨 뒤 함수율을 약 10%로 조정하였고, 일정한 크기의 톱밥을 얻고자 14mesh를 통과하고 30 mesh에 남는 것을 사용하였다.

2. P.P網 및 木質플레이크

P.P網 플레이크는 0.23mm 굵기의 網絲로 짠 13mesh에 해당하는 시판망을 구입하여 크기를 1cm×1cm, 1cm×2cm, 1.5cm×1.5cm 세가지크기의 P.P網플레이크로 절단하여 사용하였다. 木質플레이크는 플라타너스 원판을 jointer로 가공하여 나온 것을 이용하였으며 P.P網플레이크와 같은 크기의 플레이크를 만들었고 함수율은 10%로 조정하였다.

3. 接着劑 및 添加劑

接着劑는 樹脂率 64%의 요소수지를 사용하였으며, 添加劑로는 고형분 25%의 wax-emulsion을 사용하였고 硬化劑로는 NH₄Cl 10% 수용액을 사용하였다.

2. 實驗方法

1. 보오드製造

보오드製造 치수는 26.3cm×16.7cm×1.0cm로 하였으며, 目標比重은 0.75로 하였다. 톱밥에 P.P網플레이크와 플라타너스 木質플레이크를 혼합물에 따라 1%, 2%, 3%, 4%로 混合構成하고 요소수지接着劑를 전건중량에 대해 10% 첨가하였다. 耐水劑로는 wax-emulsion을 톱밥전건중량의 1% 첨가하고 硬化제로는 NH₄Cl 10% 수용액을 수지고형분에 대해 1% 첨가하여 보오드를 製造하였다.

2. 熱壓

톱밥과 플레이크로 構成한 mat에 대하여 壓縮溫度 150℃에서 다음 그림1과 같은 3단스케줄을 적용하여 압제시켰으며, 총압제시간은 10분이었다.

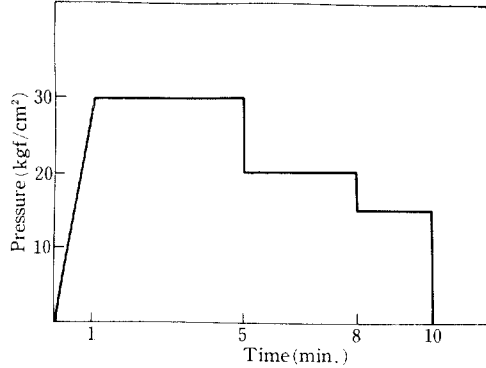


Fig. 1 Pressing cycle in board manufacturing

3. 試驗方法

1. 두께膨脹率

KS F3104에 따라 5cm×5cm 試驗片의 중앙두께를 캘리퍼로 측정하고 23℃의 물속에 24시간 침치시킨 후 그 두께를 측정하여 다음식에 의해 두께膨脹率을 계산하였다.

$$\text{두께膨脹率(\%)} = \frac{t_2 - t_1}{t_1} \times 100$$

t₁: 침지전 試驗片의 두께 (cm)

t₂: 침지후 試驗片의 두께 (cm)

2. 靱破壞係數 및 靱彈性係數

Span 길이는 KS F3104에 따라 두께의 15배인 15cm로 하고, 시편폭은 5cm로하여 중앙집중하중을 가하였다. 이때 하중속도는 10mm/min로 하였다. 하중변형곡선으로부터 다음식에 의하여 靱破壞係數 및 靱彈性係數를 계산하였다.

$$\text{靱破壞係數(kgf/cm}^2\text{)} = 1.5 \frac{P_1 L}{bh^2}$$

$$\text{靱彈性係數(kgf/cm}^2\text{)} = \frac{P_2 L^3}{4bh^3 \Delta y}$$

P₁: 최대하중 (kgf)

P₂: 비례한도하중 (kgf)

L: span 길이 (cm)

h: 시편 두께

b: 시편 폭

Δy: 비례한도 변형

結果 및 考察

本 研究에서는 目標比重을 0.75로 하고, 木質플레이크 및 폴리프로필렌網 플레이크의 크기를 1cm×1cm, 1cm×2cm, 그리고 1.5cm×1.5cm 등 세가지

로 하고 이를 톱밥에 1%, 2%, 3%, 4%로 混合構成하여 보오드를 製造하였으며 두께膨脹, 韌破壞係數(MOR)와 韌彈性係數(MOE)를 조사하였는데 그 結果를 考察하여 보면 다음과 같다.

1. 木質플레이크 혼합 톱밥보오드

1. 두께膨脹率

플레이크를 혼합한 톱밥보오드의 두께膨脹率은 각 플레이크 크기 공히 플레이크혼합비가 높아짐에 따라 減少하는 傾向을 보였다(그림 2참조). 플레이크 크기가 1cm×1cm인 보오드의 경우 1% 혼합비를 제외하고는 모두 對照보오드보다 낮았으며 4% 혼합비의 경우, 對照보오드 膨脹率의 87%에 불과한 매우 양호한 結果를 보여주었으며, 크기가 1cm×2cm인 보오드의 경우 각 혼합비 공히 대조보오드보다 낮은 팽창률을 보였고, 크기가 1.5cm×1.5cm 보오드의 경우에도 1% 혼합율의 경우 대조보오드와 비슷한 팽창율을 나타내지만 2%, 3%, 4% 혼합율의 경우에는 공히 대조보오드보다 낮은 팽창치를 나타내었다. 세가지크기의 플레이크를 사용한 것중, 가장좋은 두께팽창률효과를 나타낸 것은 1cm×2cm 크기의 플레이크를 사용한 보오드로 이러한 物理的 性質을 좌우하는 주요한 인자는 플레이크의 크기(형상)로 나타났다. 이러한 양상은 須田 등(1987)이 밝힌 파아티클형상에 관한 연구에서 파아티클길이가 길수록 두께팽창은 減少하였고, 역시 폭이 좁은 것보다는

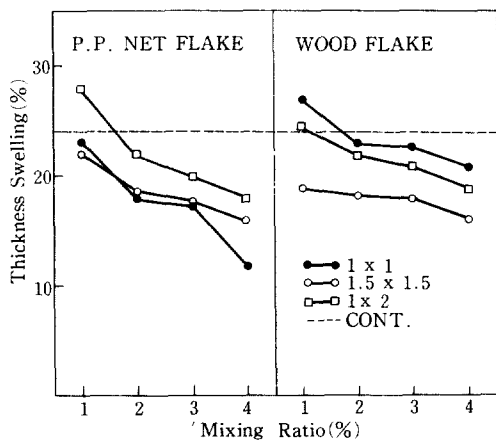


Fig. 2. The relationship between thickness swelling and mixing ratio in sawdust boards combined with p-p net flakes and wood flakes

폭이 넓은 것이 두께팽창이 줄어든다고 한 研究結果와 잘 일치하고 있다. 따라서 톱밥보오드의 物理的 性質을 改善하기 위하여, 플레이크를 혼합시킨 복합재를 만들어 이를 도모하는 것이 効果적인 것으로 사료된다. 특히 플레이크 중에서도 그 형상이 길이가 길고, 폭이 넓은 플레이크를 사용하는 것이 혼합효과를 높이는데 적합함을 보였다.

2. 韌破壞係數 및 韌彈性係數

플레이크 혼합 파아티클 보오드의 韌 파괴계수는 플레이크 혼합비가 증가할수록 증가하는 傾向을 보였다. 플레이크 크기가 1cm×1cm인 경우 혼합비 4%에서 급격히 증가하였고, 1~3%인 경우 대조보오드보다는 낮은값을 나타내었다. 플레이크 크기가 1cm×2cm인 경우 각 혼합비별로 공히 대조보오드보다 높은 값을 나타내었다(그림 3참조). 1% 혼합비의 경우 104.7kgf/cm², 2%인 경우 109.0kgf/cm², 3%인 경우 117.7kgf/cm², 4%인 경우 114.0kgf/cm²로 나타났다. 또 크기가 1.5cm×1.5cm인 경우 혼합비 1%, 2%인 경우 대조보오드보다 낮은치를 보였으나, 3%, 4%인 경우 대조보오드의 韌 파괴계수값을 훨씬 상회하는 우수한 結果를 보여주었다. 가장높은 값은

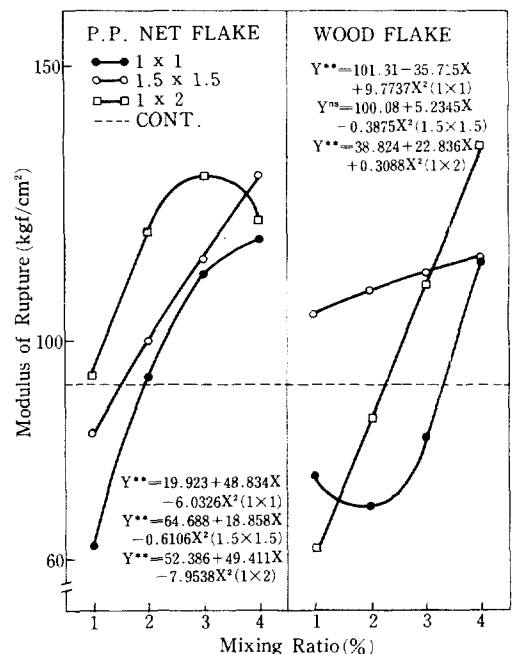


Fig. 3. The relationship between mor and mixing ratio in sawdust boards combined with p-p net flakes and wood flakes

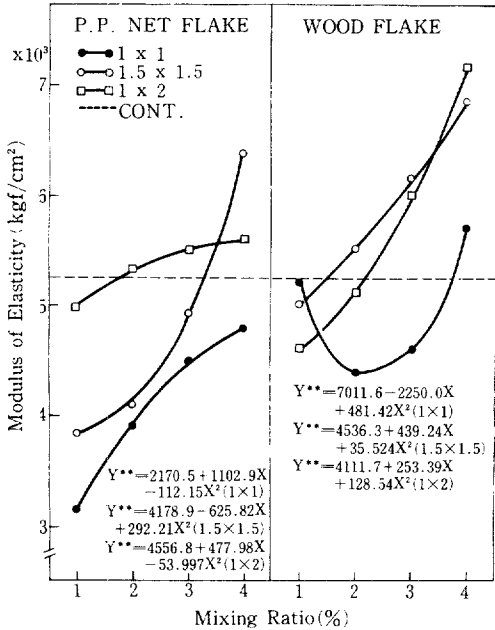


Fig. 4. The relationship between moe and mixing ratio in sawdust boards combined with p-p net flakes and wood flakes

135.0kgf/cm²로 나타났다. 결국 이룰보면 전술한바와 같이 플레이크형상이 다름에 따라 일어난 결과로 須田 등(1987)이 언급했듯이 파티클길이가 길고 폭이 좁은 경우 유리한 힘파괴치를 얻을 수 있다고 한 결과와 상응하는 것으로 사료된다. 따라서 이들 플레이크를 톱밥보오드의 보강재료를 쓸 경우 aspect ratio (particle length/particle width)가 큰 재료를 사용하는 것이 效率의이라 생각된다.

한편, 靱탄성계수 역시 혼합비가 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였다(그림 4참조). 크기가 1cm×1cm, 1.5cm×1.5cm로 된 정방형플레이크를 혼합한 경우 혼합비가 1%와 2%인 경우 대조보오드보다 낮은 값을, 3%와 4%인 경우 대조보오드보다 높은 값을 보여주어, 플레이크형상이 정방형일 경우, 보강효과를 얻기 위해서는 혼합비를 높여주는 것이 효율적이라 사료된다. 플레이크 크기가 1cm×2cm인 경우 1% 혼합비만이 대조보오드의 탄성계수보다 낮았을뿐, 나머지는 모두 상회하는 아주 우수한 결과를 보여주어, 힘파괴계수에 있어서와 마찬가지로 aspect ratio가 큰 재료를 혼합하는 것이 큰 補強效果를 얻을 수 있었다.

2. P.P 網플레이크 혼합 톱밥보오드

1. 두께膨脹率

網플레이크 크기가 1cm×1cm인 경우 혼합비가 증가할수록 두께膨脹率은 減少하여 1%일때 팽창율은 23%, 2%일때 18%, 3%일때는 17.5%, 4%일때는 12%로 나타나 공히 대조보오드의 두께팽창률 24%보다 낮은 결과를 보여주었다. 이러한 현상은 크기가 1cm×2cm인 경우에도 같은 현상을 보여주었으며 크기가 1.5cm×1.5cm인 경우 1% 혼합비를 제외하고는 모두 대조보오드보다 낮은 팽창률을 나타내었다(그림 2참조). 이러한 결과는 李와 朴(1985), 李와 徐(1987), 李와 朴(1988)의 일련의 研究에서 보듯이 異種材料인 플라스틱 및 철망을 構成한 복합재료의 경우, 목재파아티클에서 얻을 수 없는 우수한 物理的, 機械的 性質의 향상을 보여주었다는 보고와 일치하는 결과이며, 이들 연속복합보강재료 및 특정크기로 절단한 불연속 복합재료도 物理的 性質을 改善할 수 있음을 보여주었다. 한편, 동일혼합비의 경우 망플레이크의 크기와와의 사이에는 별차이가 없었으나 4% 혼합비의 경우 1cm×1cm크기의 망플레이크를 사용한 보오드의 팽창률이 가장 낮음을 보여주었는데, 이는 상대적으로 補強한 材料가 작은 단면적을 가질 경우 유리함을 보여주는 결과이다.

2. 靱破壞係數 및 靱彈性係數

망플레이크의 혼합비가 증가할수록 힘파괴계수의 값은 증가하였다. 크기가 1cm×1cm인 망플레이크를 혼합한 보오드의 경우 1%혼합비를 제외하고는 모두 대조보오드보다 높은 값을 나타내었다. 2% 혼합비의 경우 91.5kgf/cm², 3%혼합비의 경우 114.3kgf/cm², 4%혼합비의 경우 118.2kgf/cm²로 나타나 대조보오드의 91kgf/cm² 보다 높은 힘파괴계수치를 보여주었다. 크기가 1cm×2cm인 경우에도 1%혼합비를 제외하고는 모두 대조보오드보다 높은 값을 보여주었고, 크기가 1.5cm×1.5cm인 경우에는 모든 혼합비에서 공히 대조보오드보다 높음을 보여주었다(그림 3참조). 가장높은 파괴계수의 값은 망플레이크의 크기가 1cm×2cm이고 혼합비가 4%인 경우로 그 값은 130.5kgf/cm²였다. 그러나 혼합비 4%를 제외하고는 동일혼합비에서 망의 면적이 클수록 힘파괴계수의 값은 증대함을 보여주어, 불연속보강재료로 異種材料를 혼합할 경우 단면적이 큰 것이 강도보강효과에 효율적임을 알 수 있었다.

한편, 힘탄성계수 역시 힘과괴계수에 있어서와 마찬가지로 각 크기별로 공히 혼합비가 증가함에 따라 증가함을 보여주었다(그림 4참조). 크기가 1cm×1cm인 망플레이크를 사용한 보오드는 1%의 혼합비경우 3300kgf/cm², 2%인경우 4000kgf/cm², 3%인경우 4500kgf/cm², 4%인경우 4850kgf/cm²로 나타나 혼합비 증대에 따른 힘탄성계수의 증대를 부여 주었으나, 모두 대조보오드보다는 낮았으며, 크기가 1cm×2cm인 망플레이크를 혼합한 보오드 역시 혼합비증대 효과를 보였으나 4%혼합비를 제외하고는 대조보오드보다 낮은 값을 나타내었다. 그러나 크기가 1.5cm×1.5cm인 망플레이크를 사용한 보오드의 힘탄성계수는 1%혼합비를 제외하고는 모두 대조보오드보다 높은 값을 보여주었다. 역시 가장높은 값은 크기 1cm×2cm인 망플레이크를 4%혼합한 경우에 나타났으며 4%혼합비를 제외하고는 각 혼합비에서 공히 網의 면적이 커짐에따라 힘탄성계수값이 증가하였다. 결과적으로 P.P網플레이크는 木質플레이크와는 달리 異種材料이므로 aspect ratio보다는 불연속보강재료로서 단면적이 큰 것을 사용함으로써 補強效果를 얻는게 보다 效率的인 것으로 사료된다. 이는 李와 朴(1988)의 研究에서 나타난 바와같이 P.P망을 넣은경우 보다 우수한 힘성질을 얻을 수 있다는 結果와 일치하는 현상이다.

Literature Cited

1. Braun, M.O. and R.C. Moody. 1977. Bending strength of small glulam beams with a laminated veneer tension lamination. For. Prod. J. 27(11) : 46-51.
2. Bulleit, W.M. 1985. Reinforcement of wood materials : a review. Wood and Fiber Sci. 16(3) : 391-397.
3. Geimer, R.L. and E.W. Price. 1978. Construction variables considered in fabrication of a structural flakeboard. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. WO-5, Washington, D.C.
4. Hse, C.Y. 1975. Properties of flakeboards from hardwoods growing on southern pine sites. For. Prod. J. 25(3) : 48-53.
5. Hunt, M.O., W.L. Hoover, R.C. Lattanzi, and J.A. Youngquist. 1985. A design approach for mixed hardwood structural flakeboard. In : Robertson, Doris, coord. Structural wood composites : Meeting today's needs and tomorrow's challenges : Proceedings 7339 : 1984 November 12-14 : Minneapolis, MN. Madison, WI : Forest Products Research Society : 164-172.
6. Ramaker, T.J. and W.F. Lehmann. 1976. High-performance structural flakeboards from Douglas-fir and lodgepole pine forest residues. USDA For. Serv. Res. Pap., FPL, 286, 20pp.
7. Spaun, F.D. 1981. Reinforcement of wood with fiber glass. For. Prod. J. 31(4) : 26-33.
8. 富村洋一, 鈴木岩雄. 1987. 炭素纖維 をコアにもつ MDF の製造. 木材學會誌 33(8) : 645-649.
9. 須田久美, 川井秀一, 佐々木光. 1987. 低比重パーティクルボードの製造技術(第3報), ボードの材質に及ぼすパーティクルの形状效果. 木材學會誌 33(5) : 376-384.
10. 李弼宇, 朴憲. 1985. 톱밥과 鐵線構成이 보오드의 物理 및 機械的 性質에 미치는 영향. 목재공학 13(5) : 34-42.
11. 李弼宇, 朴憲. 1988. 木材 파아티클과 플라스틱 (폴리프로필렌)網의 結締가 보오드의 物理 및 機械的 性質에 미치는 영향. 목재공학 16(1) : 21-44.
12. 李弼宇, 徐珍錫. 1987. 플라스틱 結締 톱밥보오드의 機械的 및 物理的 性質에 관한 研究. 목재공학 15(3) : 44-55.